

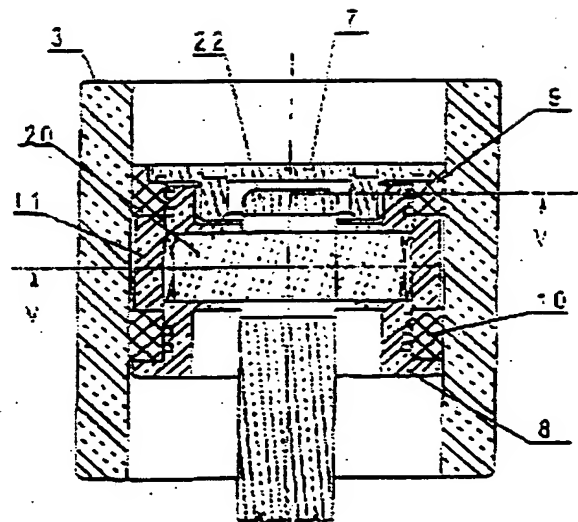
**Piston-cylinder assembly e.g. for an ic engine**

**Patent number:** DE19815989  
**Publication date:** 1999-10-21  
**Inventor:** JAHN WERNER (DE)  
**Applicant:** UTI HOLDING & MANAGEMENT AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F16J1/01; F16J1/02; F02F5/00; C23C30/00  
- **European:** F16J10/04; F02F3/00D; F16J1/02; F16J9/28  
**Application number:** DE1981015989 19980409  
**Priority number(s):** DE1981015989 19980409

**Abstract of DE19815989**

A piston/cylinder assembly has spaced-apart, annular, peripheral piston slide sections (9, 10) releasable by two piston parts (7, 8) which extend through the central slide section openings. A piston/cylinder assembly has spaced-apart, annular, peripheral piston slide sections (9, 10) which are axially fixed on the piston for seating against the cylinder guide face and which are releasable by two piston parts (7, 8), one or each of which extends through a central slide section opening.

**Preferred Features:** The slide sections consist of graphite with a bending strength of more than 120 N/mm<sup>2</sup>, especially meso-phase graphite. One of the materials of the slide section/guide face pair comprises polycrystalline diamond, hydrogenated amorphous carbons, tetragonal coordinated carbon or metal-containing hydrogenated carbon, while the other material comprises meso-phase graphite or ultra-fine grained graphite. The piston parts consist of titanium, austenitic steel, Invar (RTM), aluminum, SiC and/or Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 15 989 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 J 1/01**  
F 16 J 1/02  
F 02 F 5/00  
C 23 C 30/00

②1 Aktenzeichen: 198 15 989.7  
②2 Anmeldetag: 9. 4. 98  
②3 Offenlegungstag: 21. 10. 99

*P04NM-029 EP*

DE 198 15 989 A 1

⑦1 Anmelder:  
UTI Holding + Management AG, 60323 Frankfurt,  
DE

⑦2 Erfinder:  
Jahn, Werner, Dipl.-Ing., 06556 Artern, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

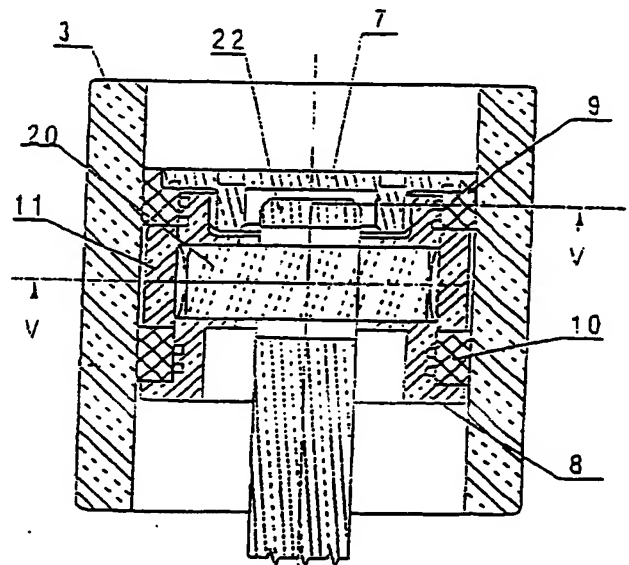
DE	41 22 090 C2
DE	29 12 786 B1
DE	34 06 479 A1
DE	30 01 921 A1
US	27 92 265
US	14 67 255
EP	2 58 330 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kolben-Zylinder-Anordnung

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Kolben-Zylinder-Anordnung, umfassend einen Kolben (2), an dem ein Pleuel (22) anlenkbar ist, und einen Zylinder (3), entlang dessen als Kolbenführungsfläche (6) ausgebildeter innerer Bohrung (5) ein Gleitabschnitt eines Kolbens (2) axial verlagerbar ist. Eine kostengünstige Fertigung und ein leichtgängiger und fluiddichter Kolbenhub wird erfindungsgemäß dadurch geschaffen, daß wenigstens zwei den Kolben (2) radial begrenzende, zylindrische und umlaufende Gleitabschnitte (9a, 10a) zur Abstützung gegen die Führungsfläche (6) des Zylinders (3) im gegenseitigen axialen Abstand (11) zueinander vorgesehen sind, daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte (9a, 10a) einen kreiszylindrischen Querschnitt aufweisen, und daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte (9a, 10a) lösbar durch zwei Teile (7, 8) des Kolbens (2), von denen wenigstens eines einen zentralen Durchbruch der Gleitabschnitte (9a, 10a) durchsetzt, auf dem Kolben (2) axial fixiert sind.



DE 198 15 989 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kolben-Zylinder-Anordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 umfassend einen Kolben, an dem ein Pleuel anlenkbar ist, und einen Zylinder, entlang dessen als Kolbenführungsfläche ausgebildeter innerer Bohrung ein Gleitabschnitt eines Kolbens axial verlagerbar ist.

DE-AS 29 12 786 zeigt einen Kolben für Brennkraftmaschinen sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kolbens, der aus durch Pyrolyse hergestellten Kohlenstoff gebildet ist. Der Kohlenstoff wird zur Erlangung einer ausreichenden Stabilität von einer Vielzahl von Kohlenstoffasern durchsetzt, die auf diese Weise eine Matrix für die Gesamtheit des Kolbens bilden. Die Herstellung des bekannten Kolbens durch Pyrolyse ist aufwendig, denn Schrumpfungsprozesse bei der Herstellung müssen bei der Dimensionierung der Rohkolben (Rohling) Berücksichtigung finden. Ferner sind die für die Stabilität und Festigkeit unverzichtbaren Kohlenstoffasern derart in komplizierter Weise zu verlegen, daß Durchbrechungen wie Bohrungen und dergleichen, die durch nachfolgende spanende Fertigung in den Kolben vorgesehen sind, die Kohlenstoffasermatrix nicht verletzen, da dies eine dramatische Einbuße an Festigkeit bedeutet. Der bekannte Kolben ist auf der verbrennungsseitigen Stirnseite mit einer Schutzschicht aus Siliziumcarbid versehen, die durch Plasmaauftrag in aufwendiger Weise gefertigt werden muß. Diese Werkstoffpaarung ist fertigungstechnisch problematisch und insbesondere im Hinblick auf die Lauffläche des Zylinders aufgrund der Härteunterschiede von SiC und Kohlenstoff unzuverlässig, da der Kolben Gleitoberflächen unterschiedlicher Härte aufweist, wodurch ein unerwünschter Verschleiß in den Gleitflächen erzeugt wird. Der in dem Kolben zum Anlenken eines Pleuels angeordneter Kolbenbolzen ist ebenfalls aus Kohlenstoff ausgebildet, wobei dieser Werkstoff für die bei der Anlenkung von Pleuelen auftretenden Zugbelastungen – anders als bei Druckbelastungen – nur gering belastbar ist. Ferner ist eine aufwendige Fertigung des Kolbenbolzens durch Pyrolyse erforderlich, um Spiel in der entsprechenden Querbohrung des Kolbens zu unterbinden, da eine Spielbehaltung des Kolbenbolzens zu einer unerwünschten Berührung von Lauffläche des Zylinders und Kolbenbolzen führen kann. Die Fertigung von Sacklochbohrungen für den Kolbenbolzen ist aber technisch aufwendig und ermöglicht nicht ohne weiteres das Einsetzen und örtliche Fixieren von Kolbenbolzen.

DE-OS 30 01 921 zeigt einen Kolben, der dem vorerwähnten bekannten Kolben entspricht und der mit Hilfe einer negativ nachgearbeiteten Form hergestellt wird. Auch dieser Kolben weist eine vollständig zylindrische Außenwand auf, die eine Kolbenbolzenbohrung senkrecht zu der Hauptachse des Kolbens zur Fixierung des Kolbenbolzens aufweist auf und ist im Bereich des Kolbenbodens mit drei Kolbenringnuten zur Aufnahme von Kolbenringen ausgebildet.

DE-PS 41 22 090 zeigt einen Graphitkolben für eine Brennkraftmaschine aus einem bindemittelfreien Kohlenstoff (Mesophase), dessen Kolbenboden mit einer Schutzschicht aus Verbrennungsrückständen überzogen ist. Der bekannte Kolben weist mehrere ringartige Rücksprünge auf, derart, daß lediglich schmale Stege umfangsmäßig in Anlage gegen die Führungsfläche eines Zylinders gelangen. Dieser Graphitkolben ist nur für eine geringe Anzahl von Materialien bzw. Beschichtungen der Zylinderinnenseite geeignet. Ferner muß der Kolbenboden bei Anwendungen ohne Verbrennung dennoch auf aufwendige Weise mit einer Schutzschicht überzogen werden. Schließlich beeinträchti-

gen die schmalen Stege die Kippstabilität des Kolbens im Zylinder.

US-PS 14 67 255 zeigt den Einsatz von Kolben aus amorphem "monolithischem" Kohlenstoffgraphit, dessen Bodenfläche sowie angrenzende Umfangsflächen gegen Oxidation durch elektrolytischen Auftrag einer dünnen Metallschicht abgeschottet sind. Ferner kann der Kohlenstoffgraphit durch Einbringen von geschmolzenem Metall in das poröse Gefüge verfestigt werden. Die Herstellung eines solchen Kolbens ist aufwendig, teuer und nicht geeignet für moderne Hochleistungs-Kolben-Zylinder-Anordnungen. Ferner wird vorgeschlagen, den Bereich der Anlenkung des Pleuels am Kolbenbolzen mit einer metallischen Hülse derart zu umgeben, daß die Innenfläche des Kolbens vom Pleuel abgeschirmt ist, nicht jedoch der Kolbenbolzen. Diese Konstruktion erfordert eine aufwendige Schmierung und ist darüber hinaus fertigungstechnisch schwer herstellbar. Außerdem muß zur Anpassung an eine Zylinderlauffläche ein Großteil des Kolbens ausgewechselt werden, um die Anlenkung an das Pleuel für einen anderen Kolbenwerkstoff in Anpassung an die Zylinderleitflächen nutzen zu können.

EP-PS 02 58 330 zeigt eine Kolben-Zylinder-Anordnung eines Kolbenmotors mit einem Kolben aus Kohlenstoff, der wenigstens einen Kolbenring aufweist, der radial über die Umfangsfläche des Kolbens vorsteht. Der Kolbenring ist mehrteilig ausgebildet, wobei ein Spreizelement, das sich mit einer Druckfeder gegen die Innenwandung der Kolbenringnut abstützt, zwei im wesentlichen halbkreisförmige Kolbenhalbringe in Richtung auf die Lauffläche vorspannt. Die Herstellung derartiger Druckfedern ist aufwendig und im Einsatz anfällig für Defekte. Ferner stößt das der Feder abgewandte Ende des Spreizelementes oder aber die gegen dessen konische Fläche stoßende Stirnseite des Kolbenhalbringes gegen die Lauffläche des umgebenden Zylinders bzw. einer Laufbüchse des Zylinders, so daß sich eine punktuelle, durch die axiale Verlagerung des Kolbens zu einer Linie verlängerte mechanische Belastung der Lauffläche ergibt, die zur Rillenbildung und erhöhtem Verschleiß der Lauffläche oder des Kolbenrings, letztlich sogar zur Undichtigkeit führt. Des weiteren ist der zum Einsatz vorgeschlagene Kohlenstoff von geringer Festigkeit, weshalb eine Verstärkung mit Kohlenstoffasern oder die Verwendung von Additiven zur Bildung eines modifizierten Kohlenstoffes vorgeschlagen wird. Zwar läßt sich die Festigkeit und die Biegefestigkeit von Kohlenstoff durch das Einbringen von Oxyd-, Carbide-, Nitrid-Keramik-Einlagerungen gemäß der bekannten Korrelation von Gefüge und Felleigenschaften erhöhen, jedoch setzt dies fertigungstechnisch aufwendige Dotierungsvorgänge voraus, die noch nicht vollständig beherrscht werden und daher bei Formteilen zu einer inakzeptabel hohen Ausschußquote führen. Auch im Hinblick auf die Unterdrückung von unerwünschten Reaktionen, z. B. die Bildung von Eutektika bei überraschender Druck- und/oder Temperaturbeanspruchung, sind derartige Werkstoffe aus mehreren Phasen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung, insbesondere im Hinblick auf das Material der Lauffläche des Zylinders, unzuverlässig. Die unterschiedlichen Härten der zum Einsatz gelangenden Phasen sowie die Beanspruchung durch Biegemomente führen ferner zu einer Relliefbildung der aktiven Oberfläche des Kolbens, insbesondere dann, wenn die Lauffläche des Zylinders nicht die selbe ist wie die Arbeitsfläche des Kolbens. Bei Verbrennungsmotoren ist die Beaufschlagungsfläche des bekannten Kolbens in separater Weise zu vergüten, wodurch die Kosten der Herstellung unvorteilhaft erhöht werden. Schließlich ist die Qualitätsprüfung der bekannten Kolben nur zerstörend möglich, d. h. selbst bei kleinsten Fehlern in sonst nicht beanspruchungsintensiven Zonen des Kolbens wird der gesamte

Kolben zerstört.

DE-OS 34 06 479 zeigt einen mehrteiligen Kolben, dessen Bestandteile aus faserverstärktem Kohlenstoff bestehen. Der bekannte Kolben weist einen ersten Kolbenteil auf, der im wesentlichen hohlzylindrisch ausgebildet ist und der sich über die gesamte Kolbenlänge erstreckt und umfangsmäßig eine einzige Gleitfläche definiert. Das zweite Kolbenteil ist ein Steckteil, das in das erste Kolbenteil eingefügt wird, wobei die beiden Kolbenteile zur Bildung eines Formschlusses ausgebildet sind und durch eine konzentrische Kolbenbolzenbohrung, durch die ein Kolbenbolzen einsteckbar ist, gegenseitig gehalten werden. Wegen der großen Gleitfläche sind die Kräfte für den Kolben hoch und die Verschleißanfälligkeit des bekannten Kolbens bedeutend.

Bei den in der Praxis eingesetzten Kolben-Zylinder-Anordnungen mit einer Graphitkomponente, insbesondere Elektrographit, bei denen auf Schmierstoffe verzichtet wird, wird die sogenannte Selbstschmierung im wesentlichen damit "erkauft", daß der Graphit aufgrund seiner sogenannten intrinsischen Schmierungseigenschaften schnell verschleißt. Dies wird durch ungeeignete Kolbenführungsflächen und Oberflächenbehandlungen, z. B. wenn der Graphit durch Verbrennungsrückstände überzogen wird, die aufgrund des Verschleißes immer wieder aufbrechen, noch verstärkt. Besonders ungünstig sind z. B. Zylinder aus Materialien, in denen Kohlenstoff unterstöchiometrisch gelöst ist, also auch für die im Kraftfahrzeugbau typischerweise verwendeten Zylinder aus Stahl.

Ein weiterer Nachteil des Einsatzes konventioneller Graphitsorten besteht darin, daß die Bereitstellung des Graphits aufwendig ist. So müssen die Rohlinge für längere Zeitdauer auf Temperaturen von ca. 2000°C gehalten werden. Die Endbearbeitung erfordert eine spanabhebende Bearbeitung quasi aller Flächen, mit der Folge hoher Materialverluste durch den Abtrag sowie der beschränkten Anzahl zur Verfügung stehender Gestalten, die mit dem Material Graphit spanabhebend technisch und wirtschaftlich gefertigt werden können.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Kolben-Zylinder-Anordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, die kostengünstig in der Fertigung ist und die einen leichtgängigen und fluiddichten Kolbenhub ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß wenigstens zwei den Kolben radial begrenzende, zylindrisch und umlaufende Gleitabschnitte zur Abstützung gegen die Führungsfläche des Zylinders im gegenseitigen axialen Abstand zueinander vorgesehen sind, daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte einen kreiszylindrischen Querschnitt aufweisen, und daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte lösbar durch zwei Teile des Kolbens, von denen wenigstens eines einen zentralen Durchbruch der Gleitabschnitte durchsetzt, auf dem Kolben axial fixiert sind. Vorzugsweise erfolgt ferner zugleich eine radiale Fixierung.

Die erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Anordnung schafft einen Kolben, der sich mit seinen Gleitabschnitten, die vorzugsweise als geschlossene Ringe ausgebildet sind, gegen die Führungsfläche des Zylinders abstützt. Die beiden Ringbereiche sind im Abstand zueinander angeordnet, wobei der Abstand zwischen den Ringbereichen vorzugsweise wenigstens die Hälfte der axialen Erstreckung des schmaleren der beiden Ringabschnitte ausmacht und vorteilhafterweise das doppelte des in axialer Erstreckung größeren der beiden Ringe ausmacht. Die beiden ringförmigen Gleitabschnitte verhindern ein Verkanten des Kolbens in der Führungsfläche des Zylinders, wodurch die Leichtläufigkeit der Kolben-Zylinder-Anordnung verbessert und die Geräuschentwicklung beim Laufen herabgedämpft wird. Zugleich er-

folgt eine günstige Abdichtung des Zylinders gegen den Kolben.

Die beiden Gleitabschnitte können wahlweise einstückig miteinander verbunden sein, indem der Abstand zwischen den Gleitabschnitten durch einen Einstich in der Umfangswand des Rings oder einer Einschnürung bei Urformen der Formgebung vorgesehen wird.

Es ist alternativ möglich, daß die Gleitabschnitte an jeweils zwei verschiedenen Ringen vorgesehen sind, die den selben Außendurchmesser aufweisen und die durch ein separates oder in der axialen Fortsetzung wenigstens des einen Ringes angeordnetes Abstandsstück in einem vorbestimmten Abstand gegenseitig gehalten sind. Es ist möglich, die Ringe auch geschlitzt oder auch mehrteilig, z. B. aus zwei oder drei Ringsegmenten, die im Zusammenbau den Ring bilden, auszubilden, wobei die Kolbenteile auch diese Ringteile durch axiales Einspannen fixieren, so daß der Einbau in einen Zylinder ohne Probleme ermöglicht ist.

Zweckmäßigerweise handelt es sich bei dem Material der die Gleitabschnitte definierenden Ringe um ein Material hoher Biegefestigkeit, beispielsweise von mehr als 95 N/mm<sup>2</sup> und insbesondere von mehr als 120 N/mm<sup>2</sup>, am besten sogar von mehr als 140 N/mm<sup>2</sup>, die ferner in hoher Oberflächen Genauigkeit, beispielsweise durch Außenrundscheifen, auf das zugehörige Zylindermaß gefertigt worden sind. Es versteht sich, daß das Abstandsstück kostengünstigerweise bei weitem nicht mit der selben Maßhaltigkeit und Oberflächen-güte gefertigt werden muß, weshalb vorteilhafterweise ein von den Ringen verschiedenes Stück mit einem geringeren Außendurchmesser vorgesehen ist. Dieses Abstandsstück kann für eine modulare Kolbenfertigung stets aus dem selben Material hergestellt sein, während die die Gleitabschnitte aufweisenden Ringe aus einem in Anpassung an die Führungsfläche des Zylinders bzw. dessen Material ausgewählten Werkstoff vorgesehen werden. Hierdurch ist der Kolben wesentlich vielseitiger einsetzbar als ein einstückig hergestellter Kolben.

Die beiden die Gleitabschnitte aufweisenden Ringe und das Abstandsstück weisen vorzugsweise denselben Innendurchmesser auf, so daß sie aufeinander gesteckt auf einen Schaft mit dem entsprechenden Außendurchmesser axial verschieblich montierbar sind. Vorzugsweise liegen die die Gleitabschnitte aufweisenden Ringe im wesentlichen im Bereich der axialen Enden des Kolbens, wodurch eine gute Führung des Kolbens im Zylinder erreicht wird.

Der Ringdurchbruch der Gleitabschnitte wird von wenigstens einem Kolbenteil in wenigstens einem Bereich der axialen Erstreckung durchsetzt, wobei dieses Kolbenteil ferner einen Aufnahmeaum für einen Kolbenbolzen aufweist sowie einen Schwenkraum für ein um den Kolbenbolzen angelenktes Pleuel. Das zweite Kolbenteil, das mit dem ersten Kolbenteil verbindbar ist, stellt eine stirnseitige Begrenzung des Kolbens dar. Vorzugsweise ist die Verbindung lösbar, beispielsweise in der Art eines Bajonettverschlusses oder einer Verschraubung. Hierdurch ist die Kolben-Zylinder-Anordnung besonders reparaturfreundlich indem das Auswechseln von Gleitabschnitten ermöglicht ist. Für die Serienfertigung werden die Kolbenteile vorzugsweise durch Stecken oder mittels Preßpassung verbunden, so daß schnelle Fertigungszeiten erzielt werden.

Eine besonders leistungsfähige Kolben-Zylinder-Anordnung wird dadurch erzielt, daß das eine Material der Paarung Gleitabschnitt-Führungsfläche aus der Gruppe, umfassend polykristalliner Diamant, amorpher Kohlenwasserstoff, tetragonal koordinierter Kohlenstoff und metallhaltiger Kohlenwasserstoff, ausgewählt ist, und daß das andere Material der Paarung aus mesophasigem Graphit oder aus Ultrafeinkorn Graphit ausgebildet ist. Ultrafeinkorngraphit

wird beispielsweise von der Firma POCO im Markt geliefert. Diese Paarung ist von äußerst günstiger tribologischer Leistungsfähigkeit, und ermöglicht einen trockenen, als schmiermittelzugabefreien, Betrieb der Kolben-Zylinder-Anordnung, der spätestens nach einer Einlaufzeit im Zylinder auch – bei entsprechendem tribologischem Belastungskollektiv – keinerlei Verschleiß des Graphits zeigt. Die Lebensdauer dieser Anordnung ist somit quasi unendlich, so daß sich ihr Einsatz an später nicht mehr ohne weiteres zugänglichen Orten, z. B. infolge radioaktiver, chemischer oder bakterieller Kontamination, anbietet. Aufgrund der für die Verarbeitung der Materialien zur Verfügung stehenden Verfahren ist es zweckmäßig, die Gleitabschnitte aus mesophasigem Graphit zu formen, vorzugsweise in einem near-net-shape Urformschritt. An diesen Urformschritt schließt sich zweckmäßigerweise ein Schleifschritt an, dem aber vorteilhafterweise nur die Gleitabschnitte unterzogen werden müssen, während die anderen Kolbenpartien, die nicht in Eingriff mit der Kolbenführungsfläche des Zylinders gelangen, bereits fertiggestellt sind. Es ist möglich, diesen Schleifschritt auch in dem Zylinder auszuführen und somit die Härte des Materials der Kolbenführungsfläche neben der Abdichtung auch noch zur Oberflächenbearbeitung zu nutzen.

Die Biegebruchfestigkeit des mesophasigen Graphits übersteigt  $120 \text{ N/mm}^2$  und ermöglicht vorteilhaft die Schaffung eines einphasigen Materials. Das Problem des Ausbrechens von Verstärkungsfasern, das im Stand der Technik vor allem bei kurzen Fasern problematisch ist, stellt dann für die Fertigung der Formteile keine konstruktive Restriktion mehr dar.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Längsschnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Anordnung, bei der Zylinder und Kolben auseinandergezogen dargestellt sind.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf den Kolben aus Fig. 1 aus Richtung des Pfeils II.

Fig. 3 zeigt den Kolben aus Fig. 1 in explodierter Längsschnittdarstellung.

Fig. 4 zeigt eine Längsschnittdarstellung der Kolben-Zylinder-Anordnung aus Fig. 1 in zusammengebautem Zustand mit Kolbenbolzen und Pleuel.

Fig. 5 zeigt eine Querschnittdarstellung der Kolben-Zylinder-Anordnung aus Fig. 4 in entlang der axial versetzten Linie V-V.

In Fig. 1 sind die Bestandteile einer Kolben-Zylinder-Anordnung 1 im Längsschnitt dargestellt, wobei der Kolben 2 aus dem Inneren des Zylinders 3 zur besseren Illustration getrennt ist. Die Kolben-Zylinder-Anordnung findet in einem Verdichter Verwendung.

Der Zylinder 3 ist ein Hohlzylinder z. B. aus Metall oder einer Keramik, dessen innere Bohrung 4 teilweise oder bevorzugt vollständig eine Kolbenführungsfläche 5 für die axiale Verlagerung des Kolbens 2 bildet. Die Kolbenführungsfläche bzw. der entsprechende Abschnitt des inneren Umfangs der Bohrung 4 des Zylinders wird mit dem Bezugszeichen 5 bezeichnet. Es versteht sich, daß der Abschnitt, der als Führungsfläche 5 ausgebildet ist, im wesentlichen durch den Kolbenhub axial begrenzt ist.

In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist Bohrung 4 des Zylinders 3, wie weiter unten noch ausgeführt, mit einer harten Schicht 6 beschichtet, die die Führungsfläche 5 bil-

det. Diese Schicht ist wenige Zehntel Millimeter oder gar Mikrometer dick und ist daher nur als Linie angedeutet. Insbesondere harte Materialien kommen als aufgetragene Schicht 6 in Betracht also Carbide, Oxyde, Nitride sowie Diamantbeschichtungen sowie Verbindungen aus den vorstehend genannten Gruppen. Es ist vorteilhaft möglich, die Schicht aus demselben Material auszuwählen wie das Material des Zylinders 3 und das Härten der Schicht durch Infiltrieren von Fremdatomen, durch Bestrahlung, durch CVD- oder PVD-Verfahren, chemische oder elektrochemische Abscheidung oder durch andere geeignete Verfahren oder Mittel vorzusehen. Hierfür kann es zweckmäßig sein, die Bohrung 4 im Zylinder 3 zunächst sehr genau auf Maß vorzufrägen, beispielsweise durch Läppen oder Honnen, und anschließend weiterzubearbeiten. Zweckmäßigerweise wird jedoch insbesondere im Falle keramischer Werkstoffe der Rohling für den Zylinder 3 nahe an der Endform gefertigt und unter Abdeckung der nicht zu beschichtenden oder vergütenden Bereiche zur Bildung der Schicht 6 in einem an die Herstellung anschließenden Verfahrensschritt zu Ende gefertigt. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, daß unter Einhaltung höchster Toleranzen, insbesondere hinsichtlich der Bohrung 4, kleine und mittlere Serien von Zylindern 3 hergestellt werden. Das vorstehend skizzierte Verfahren ermöglicht es aber ferner, die Gattung der Schicht 6 in dem separaten Verfahrensschritt auf die spezielle Verwendung, insbesondere auf ein zu förderndes Fluid und dessen chemische Eigenschaften und Reaktivität, abzustimmen, ohne daß hierdurch nennenswerte kostenmäßige Nachteile entstehen. Auch ist eine flexible Anpassung der Materialpaarung an den Kolben 2 gegeben.

Der Kolben 2 ist eine mehrteilig aufgebaute modulare Einheit, die insbesondere in Fig. 3 gut zu erkennen ist. Der Kolben 2 umfaßt ein Stirnteil 7 und ein Anschlußteil 8 aus Titan, die respektive den Kolbenboden 7a bzw. die Pleuelseite definieren. Es ist alternativ möglich, anstelle von Titan auch andere geeignete Werkstoffe, insbesondere Aluminium, Stahl oder auch insbesondere Graphit auszuwählen. Ferner umfaßt der Kolben 2 einen proximalen geschlossenen Ring 9 und einen distalen, geschlossenen Ring 10, deren geschlossener zylindrischer Umfang jeweils einen Gleitabschnitt 9a bzw. 10a des Kolbens definiert. Zwischen den beiden Ringen 9 und 10 ist ein ebenfalls ringförmiges Abstandshaltestück 11 mit hohlem zylindrischen Aufbau vorgesehen, dessen proximale und distale Stirnseiten an den proximalen Ring 10 bzw. an den distalen Ring 9 stoßen und dessen Zylinderdurchmesser geringer ist, als der der beiden Ringe 9, 10. Auch das Stirnteil 7 bzw. das Anschlußteil 8 weisen gegenüber den Ringen 9, 10 kleinere Außendurchmesser auf. Somit definieren der distale Gleitabschnitt 9a bzw. der proximale Gleitabschnitt 10a des distalen Rings 9 bzw. des proximalen Rings 10 die sich gegen die Führungsfläche 5 des Zylinders 3 abstützende Mantelfläche des Kolbens 2, wie auch in Fig. 4 besser zu sehen.

Das Stirnteil 7 weist in seinem Kolbenboden 7a zwei (in Fig. 2 gut dargestellte) Sacklochbohrungen 12 auf, die für den Eingriff eines nicht dargestellten Spannwerkzeugs bestimmt sind. Es ist aber möglich, die Sacklochbohrungen 12 durch andere, für den Eingriff von Spannwerkzeugen geeignete Aussparungen oder Profile zu ersetzen oder ggf. sogar ganz wegzulassen. Auf der dem Kolbenboden 7a angewandten Seite weist das Stirnteil 7 einen hierzu coaxialen angeflanschten Hohlzylinderabschnitt 7b mit ringförmigen Querschnitt auf, dessen Umfangsmantel außenseitig mit einem Außengewinde 7c versehen ist. Die Innenseite des angeflanschten Hohlzylinders ist innenseitig proximal mit einer Phase von  $45^\circ$  ausgebildet. Zweckmäßigerweise sind die Sacklochbohrungen 12 in der Verlängerung der einstückig



ausgebildeten Flanschpartie 7b angeordnet, um Drehmomente bei Verschraubungen günstig übertragen zu können. Nahe dem Umfang weist das Stirnteil 7 auf der dem Kolbenboden 7a abgewandten Seite der Scheibe eine zur Scheibe konzentrische Ringnut 13 auf, die zur Aufnahme eines nicht dargestellten Dichtrings geeignet ist. Das als Kolbendeckel funktionierende Stirnteil 7 ist ein einstückiges Teil aus Titan. Es ist alternativ möglich, das Stirnteil 7 aus Aluminium oder aus Keramik zu gestalten, wobei metallische Werkstoffe den Vorzug haben, daß sie eine hohe Zugfestigkeit aufweisen und darüber hinaus die Verzahnung mit bekannten Mitteln leicht herstellbar ist.

Aus vorteilhafterweise demselben Material wie das Stirnteil 7 ist das Anschlußteil 8 hergestellt. Das Anschlußteil 8 definiert einen Kolbengrundkörper, das ein auf das Außengewinde 7c des Stirnteils 7 angepaßtes Innengewinde 8c aufweist. Die Gewinde 7c und 8c sind derart geschnitten, daß außerhalb des Gewindepaars 7c, 8c keine Berührungen zwischen den Teilen 7, 8 bestehen, so daß die Gewindepaarung einen formschlüssigen und vorzugsweise auch kraftschlüssigen Verbindungsübergang schafft. In der axialen Verlängerung des Flanschteils 7b bzw. in der axialen Verlängerung des Anschlußstücks 8 werden somit ein axialer Ringspalt 14 bzw. ein Spalt 15 definiert, wobei die axiale Erstreckung des Spalts 15 im wesentlichen dieselbe ist wie die des Spalts 14 (vgl. Fig. 1). Es ist auch möglich, nur einen der beiden Spalte 14, 15 vorzusehen und im übrigen eine Berührung der beiden Teile 8, 9 vorzusehen oder aber sogar beide Spalte 14 und 15 zu eliminieren. Gerade bei metallischen Werkstoffen ist es jedoch vorteilhaft, wenn die Spalte 14, 15 als Ausweichraum für Ausdehnungen des Materials infolge thermischer Ausdehnung oder dergleichen sowie als Spiel für Toleranzen der anderen Teile des Kolbens 3, wie weiter unten noch erläutert werden wird, die zwischen Stirnteil und Anschlußteil 8 eingespannt werden.

Das Anschlußteil 8 weist eine zylindrische Grundform auf, deren proximales Ende umfangsmäßig in der Art eines Kragens 16 über den Umfang des Zylinders hinausragt. Die nach vorne weisende Ringfläche 16a des Kragens 16 dient als Anschlag für die proximale Randfläche 10c des proximalen Rings 10, wenn dieser die zylindrische Umfangswand 8d des Anschlußteils 8 übergreift.

Das Anschlußteil 8 ist hohlzylindrisch aufgebaut, wobei die zentrale mit dem gesamten Teil koaxiale Bohrung 8d in der Mitte von zwei Fortsatzstücken 17a, 17b durchsetzt wird, wobei die einander zugekehrten Oberflächen 18a, 18b der Fortsatzstücke 17a, 17b zueinander im wesentlichen parallel verlaufen. Die Fortsatzstücke 17a, 17b werden von einer quer zur Hauptachse des Anschlußteils 8 verlaufenden Zylinderbohrung derart durchsetzt, daß die Oberflächen 18a, 18b der Fortsatzstücke 17a, 17b im wesentlichen mittig normal zu deren Oberflächen 18a, 18b durchstoßen sind. Die aus den Fortsatzstücken 17a, 17b und dem Anschlußteil 8 herausgeschnittene Bohrung 19, deren Achse 19a strichpunktiert dargestellt ist, bildet eine Aufnahme für einen zylindrischen Kolbenbolzen 20, der in den Fig. 4 und 5 dargestellt ist.

Beiderseits der Bohrung 19 sind umlaufende Einstiche 21a-21d jeweils paarweise in der Schaftverlängerung 8a des Anschlußteils 8 vorgesehen. Die Einstiche 21a bis 21d dienen zur Aufnahme von Dichtungen, vorzugsweise aus einem Elastomerwerkstoff, die aufgrund ihrer Vorspannung eine bessere Zentrierung der auf den Schaft 8a sitzenden Ringteile zulassen. Es ist aber auch möglich, die Einstiche 21a bis 21d ganz oder teilweise fortzulassen. Hierdurch wird die Fertigung des Anschlußteils 8 vereinfacht. Wenn alternativ geschlitzte oder mehrteilige Ringe vorgesehen werden, sorgt diese Vorspannung für eine gleichmäßige Anlage

an den Zylinder 3. In diesem Fall sind die die Schlitzte begrenzenden Ringwandungen möglichst lang und unter Ausbildung entsprechender labyrinthartiger Abwinkelungen ausgebildet, um die Abdichtung des Kolbenraums nicht zu beeinträchtigen. Die Vorspannung der Dichtung bewirkt ein kontinuierliches Nachstellen der Ringbestandteile.

Zur Herstellung des Kolbens wird das Stirnteil 7 mit dem Anschlußteil 8 verschraubt und der proximale Ring 10, das Abstandstück 11 und der distale Ring 9 in der genannten Reihenfolge über den Schaftabschnitt 8a übergeworfen. Durch die Verschraubung mittels der Gewinde 7c, 8c werden die genannten Teile 7 bis 11 axial verspannt, wobei der Schaftabschnitt 8a des Anschlußteils 8 mit den Innenbohrungen 10b, 11b, 9b der Ringe 10, 11, 9 im wesentlichen spielfrei in Verbindung steht, so daß die fünf Bestandteile des Kolbens 3 koaxial ausgefluchtet sind mit Bezug auf die Kolbenachse 3a.

Die äußere Umfangswand 11a des Abstandstücks 11 springt gegenüber den Mantelumfangsflächen der Ringe 9, 10, die als distaler Gleitabschnitt 9a und als proximaler Gleitabschnitt 10a ausgebildet sind, etwas zurück, so daß es bei der Berührung mit der Führungsfläche 5 des Zylinders 3 selbst bei thermisch induzierter Ausdehnung nicht zur Berührung kommt. Dadurch wird zum einen die wirksame Fläche der Gleitabschnitte zwecks Reduzierung von Reibung gering gehalten, zum anderen jedoch aufgrund der beabstandeten Ausbildung der beiden Gleitabschnitte 9a, 10a eine erhöhte Kippstabilität und Führungsgenauigkeit herbeigeführt. Vorzugsweise ist die axiale Erstreckung des Abstandstücks 11 etwa doppelt so groß wie die des größeren der beiden Ringe 9, 10.

Es ist alternativ zu der dreiteiligen Konstruktion mit Ring 9 und 10 sowie mit Abstandstück 11 möglich, diese drei Teile einstückig auszubilden wobei entweder das Material des einstückigen Teils das Ringmaterial bzw. das Material der Gleitabschnitte ist, oder aber indem im Bereich der Gleitabschnitte auf das einstückige Teil entsprechende Beschichtungen vorgenommen werden. Der besondere Vorteil der separaten Ausgestaltung des Abstandstücks 11 ist ein doppelter: Zum einen kann durch die geeignete Materialauswahl des Abstandstücks 11 in Anpassung an die thermische Ausdehnung und die Dimensionen der Ringe 9, 10 einerseits und von Stirnteil 7, Anschlußteil 8, andererseits ein besonders vorteilhaftes Korrektiv bei thermischer Beanspruchung geschaffen sein, das es ermöglicht, thermisch induzierte Spannungen herabzusetzen. Zum anderen faßt das Abstandstück 11 – wie in Fig. 5 besonders gut auf der linken Seite zu sehen – den Kolbenbolzen 20 an maximal zwei genau Punkten ein wodurch der Kolbenbolzen 20 nicht nur in seinem Umfang durch die Bohrung 19, sondern auch in seiner axialen Erstreckung innerhalb der Begrenzung durch das Abstandstück 11 schwimmend eingefast ist. Der Kolbenbolzen 20 besteht beispielsweise aus Stahl und ist vorteilhafterweise hohlgebohrt. Ein an den Kolbenbolzen 20 angelenktes Pleuel 22 wird mittels einer zeichnerisch nicht näher dargestellten Nadellager bzw. -büchse 23, Gleitlager oder Kugellager fixiert und dementsprechend ist der Hubweg des Kolbens 3 im Zylinder 2 äußerst präzise. Das Pleuel 22 ist in den Fig. 4 und 5 schematisch dargestellt.

Der Zusammenbau des Kolbens 2 mit angelenktem Pleuel 22 erfolgt nun dadurch, daß zunächst der Kolbenbolzen 20 durch die Bohrung 19 in das Anschlußteil 8 eingesteckt wird, durch dessen Bohrung 8d ein Pleuelende 22 mit dem Pleuelauge eingeführt worden ist. Der Kolbenbolzen 20, der durch das Pleuelauge hindurch reicht, ist vorzugsweise auf Maß oder sogar als Preßpassung ausgebildet, so daß je nach Ausgestaltung der Kolbenbolzen 20 mit dem Pleuelende 22 und/oder mit dem Anschlußstück 8 drehfest verbunden ist.

Über das Schaftstück 8a des Anschlußstücks 8 mit angelegtem Pleuel 22 werden sodann zunächst der proximale Ring 10, dann das Abstandsstück 11 und schließlich der distale Ring 9 übergeworfen, wobei das Abstandsstück 11 die Bohrung 19 mit eingeführtem Kolbenbolzen 20 vollständig verschließt. Anschließend wird das Stirnteil 7 in der Art eines Deckels auf das Anschlußstück 8 aufgeschraubt, wobei die Fixierung bzw. die Kraftübertragung auf das Anschlußstück 8 in Drehrichtung z. B. mit Hilfe des Pleuels erfolgen kann und die Fixierung bzw. Kraftübertragung auf das Stirnteil 7 mit einem nicht dargestellten Spannwerkzeug mittels der Sacklochbohrungen 12. Der fertige Kolben 2 kann dann in den Zylinder 3 zur Bildung der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Anordnung 1 eingeführt werden.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Anordnung 1 besteht darin, daß der modular aufgebaute Kolben 2 auf einfachste Weise an die Medien, die mit der Kolben-Zylinder-Anordnung 1 gefördert werden sollen bzw. an das Material der Führungsflächen 5 des Zylinders 3 angepaßt werden kann. Hierzu ist es lediglich notwendig – anders als bei bekannten Kolben – den distalen Ring 9 und den proximalen Ring 10 aus einem anderen Material auszuwählen, während die übrigen Teile des Kolbens 3 standardgemäß aufgebaute Bauteile sind. Hierdurch können die Serienlängen vergrößert und die Herstellungskosten vorteilhaft herabgesetzt werden. Die Montage ist äußerst einfach und wartungsgerecht.

Wie in Fig. 1 und 3 zu sehen, ist der distale Ring 9 des Kolbens 2 an seiner distalen Fläche umfangsmäßig mit einem Vorsprung 9c ausgebildet, der die Umfangsfläche der Scheibe des Stirnteils 7 seitlich vollständig umgibt, wodurch der Schadraum der Kolben-Zylinder-Anordnung 1 nicht unnötig vergrößert wird.

Es ist alternativ möglich, die Scheibe des Stirnteils 7 etwas größer im Durchmesser auszubilden, wobei diese jedoch nicht größer oder gleich dem Durchmesser des Rings 9 sein darf. Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Aufbaus des Kolbens 2 besteht darin, daß der Kolbenboden im wesentlichen durch die Materialauswahl des Stirnteils 7 beeinflußt wird, so daß ggf. oxidationsanfällige Werkstoffe für den Ring lediglich entlang einer kleinen Fläche behandelt bzw. beschichtet werden müssen. Hierdurch eignet sich der erfindungsgemäße Kolben 2 auch insbesondere für Verbrennungsmaschinen.

Ganz besonders hervorragende Ergebnisse konnten mit der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Anordnung 1 erzielt werden, wenn die Ringe 9, 10 aus mesophasigem Kohlenstoff im Wege des Urformens hergestellt wurden. Der mesophasige Graphit besteht aus einem bindemittelfreiem Kohlenstoff, einer sogenannten Mesophasen. Der dem mesophasigen Graphit zugrundeliegende Rohstoff ist vorzugsweise aus Kohle- und Erdölrückständen in Pechen gewinnbar, die beispielsweise als Zwischenprodukt der Flüssigphasenpyrolyse von Kohlenwasserstoffen verbleiben. Er besteht im wesentlichen aus Polyaromaten. Die Polyaromate können durch Carbonisieren und Graphitisieren zu Mesophasensphärolithen geformt werden, die die Körner einer Phase des Werkstoffes darstellen (Körnung zwischen 0,1 und 10 µm). Diese Mesophasensphärolithe sind bindemittelfrei und sind daher in ihren Feldeigenschaften, insbesondere in ihrer Biegedruckfestigkeit, gängigen Graphitsorten wie Preß- oder Elektrographit weit überlegen. Insbesondere sind Biegedruckfestigkeiten von über 150 MPa (N/mm<sup>2</sup>) erzielbar. Hierdurch ist es auch in besonders vorteilhafter Weise möglich, auch die sonst oft zur Erzielung einer ausreichenden Festigkeit erforderlichen Verstärkungen durch Kohlenstofffasern oder durch eine andere Matrix zu verzichten.

Die Herstellung der Ringe 9, 10 kann vorteilhaft – ausge-

hend von Sphärolithen – im Wege der Spritzguß-Fertigung als sogenannte near-net-shape Bauteile erfolgen, wobei nach einem Formgebungs-Schritt, der auch komplizierte Geometrien zuläßt, ein Sinterschritt folgt. Das derart gefertigte Bauteil, hier ein Ring, besteht aus einem isotropen Werkstoff. Es versteht sich, daß für die Formgebung entsprechende Gegenformen, insbesondere Büchsen und/oder Dorne, eingesetzt werden. Anschließend kann eine spanabhebende Nachbearbeitung zur Erzielung bevorzugter Oberflächeneigenschaften oder vorbestimmter Maßhaltigkeiten durchgeführt werden, beispielsweise durch Schleifen, Honen, Läppen. Aufgrund der günstigen Festigkeitseigenschaften der Rinde ist eine anschließende Vergütung der Oberfläche in der Regel nicht erforderlich. Je nach Auswahl des Sinterschritts lassen sich offene oder geschlossene Porositäten zwischen 0,05 und 30% realisieren.

Die Führungsfläche 6 im Zylinder 3 besteht aus einer Beschichtung aus polykristallinem Diamant (PKD). Alternativ ist es möglich, diamantähnliche Kohlenstoffbeschichtungen (DLC – Diamond like Carbon) vorzusehen, beispielsweise metallhaltiger Kohlenwasserstoff (Me : CH) (wobei als metallische Dotierung z. B. Titan, Wolfram, Bor bzw. deren besonders harte Carbidgephase in Betracht kommen, die zugleich eine günstige Affinität zum Kohlenstoff aufweist), amorpher Kohlenwasserstoff (a : CH) oder tetragonal koordinierter Kohlenstoff (a : C). Zusammen mit dem Gleitabschnitt 9a/10a ergibt sich eine besonders vorteilhafte Werkstoffpaarung. Diese Werkstoffpaarungen hat sich insbesondere deswegen als zweckmäßig erwiesen, weil sie einerseits kostengünstig herstellbar sind und andererseits im Betrieb selbstschmierend, d. h. ohne Hinzufügen eines Schmierstoffes bei hohen Standzeiten funktionstüchtig sind. Die Kolben-Zylinder-Anordnung 1 ist somit vorteilhaft als Trockenläufer geeignet. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Kolben-Zylinder-Anordnung 1 liegt darin, daß auf Kolbenringe, die aufgrund ihrer geschlitzten Ausbildung stets schwer zu montieren sind, verzichtet werden kann.

Wird für die erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Anordnung eine der vorstehenden Werkstoffpaarungen ausgewählt, wird überraschenderweise ein unverhofft günstiges, quasi verschleißfreies Laufen des Kolbens auf dem Zylinder ermöglicht, wodurch ein hervorragendes tribologisches Verhalten ohne Verlust von Mesographitmolekülen oder -körnern erreicht wird. Als besonders günstig hat sich eine Porosität der bevorzugten Mesophasengraphit-Ringe zwischen 1 und 10 Gew.-% erwiesen.

Die sogenannten intrinsischen Reibungseigenschaften konventioneller Kohle- oder Graphitmaterialien dagegen, die eine Reibung durch ein Scheren oder Umkippen der Gitterebenen, insbesondere induziert durch Leerstellen und Fehlstellen sowie Einlagerungsatome, auslösen, führen durch Wanderungen von Defekten ein- und zweidimensionaler Natur zur Stufenbildung oder zu Schraubenversetzungen, wodurch die Oberfläche des Materials bei mechanischer Beanspruchung zu abrasivem Verschleiß neigt. Hierdurch ist im Stand der Technik z. B. auch nicht zweckmäßig, vollständig geschlossene Ringe mit den Gleitabschnitten zur Abdichtung des Kolbenraums vorzusehen, vielmehr sind stets geschlitzte Kolbenringe erforderlich, die den Materialabtrag durch Nachstellen ausgleichen. Dies induziert eine zusätzliche "pressende" Reibung, die einen erhöhten Energieaufwand bedeutet. Dies gilt insbesondere im Lastwechselbetrieb.

Es ist möglich, die Ringe aus dem Mesographit im Anschluß an den Urformschritt z. B. mit einer diamantbesetzten Schleifscheibe zu schleifen. Zweckmäßigerweise wird dieser Schleifschritt jedoch dadurch bewirkt, daß die Ringe im Zylinder 3 gegen die Diamantbeschichtung hin und her

verlagert werden wodurch im Anschluß an eine Einlaufphase kein mechanischer Abtrag mehr erfolgt und eine besonders dichte Kolben-Zylinder-Einheit geschaffen wird. Eine weitere vorteilhafte Variante besteht darin, daß die Gegenformen der Ringe ebenfalls diamantbeschichtet sind.

Vorstehend ist die Herstellung von besonders bevorzugten Ringen aus einem einphasigen Material beschrieben worden. Es versteht sich, daß die vorstehend genannten Materialien, insbesondere die Graphitkörper, ferner Verstärkungen oder Einlagerungen aus anderen Zusammensetzungen umfassen können, z. B. Aramidfasern oder dergl., ohne ihre genannten, insbesondere die tribologischen, Eigenschaften herabzusetzen.

Es versteht sich auch, daß auch ein einstückiges Teil, daß die beiden Ringe 9, 10 und ein Abstandsstück 11 umfaßt, auf die beschriebene Weise hergestellt werden kann. Es versteht sich ferner, daß auch auf dieselbe beschriebene Weise nur die distale bzw. die proximale Gleitabschnitte auf einen Substrating, beispielsweise aus Keramik oder einem anderen Material, aufgebracht werden können, beispielsweise auf einen durchgehenden Ring der Stärke des Abstandsstücks 11. Es versteht sich auch, daß die für die Auswahl der geeigneten Werkstoff-Kombination verbliebenen Freiheiten für die Optimierung in Bezug auf den beabsichtigten Einsatz (Medium) zur Verfügung stehen.

Schließlich ist dem Fachmann auch ohne weiteres verständlich, daß bei einem erfindungsgemäßen Kolben die proximalen Bestandteile 8, 10 und die distalen Bauteile 7, 9 jeweils paarweise als einstückige Bauteile ausgebildet sein können, und dann vorzugsweise in der vorstehend beschriebenen near-net-shape Technologie in einem Stück aus mesophasigem Graphit urgeformt sind. Auch diese beiden Bauteile (Kolbenhälften) können wieder als einstückiger Kolbenkorpus ausgebildet sein, wodurch selbstredend die Sicherung für den Kolbenbolzen durch ein nachträglich aufgebrachtes Ringteil, das vorzugsweise auf den Kolbenkorpus aufgebracht ist. Dieses mag geschlitzt sein, hat aber anders als ein Kolbenring keinerlei Dichtfunktion, da es nicht in Anlage mit der Zylinderwand gelangt.

Die erfindungsgemäße Kolben-Zylinder-Anordnung findet vorteilhaft Verwendung als Hubkolbenmaschine, Verdichter, Verbrennungsmotor oder dergl.

#### Patentansprüche

1. Kolben-Zylinder-Anordnung, umfassend einen Kolben (2), an dem ein Pleuel (22) anlenkbar ist, und einen Zylinder (3), entlang dessen als Kolbenführungsfläche (6) ausgebildeter innerer Bohrung (5) ein Gleitabschnitt eines Kolbens (2) axial verlagerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei den Kolben (2) radial begrenzende, zylindrische und umlaufende Gleitabschnitte (9a, 10a) zur Abstützung gegen die Führungsfläche (6) des Zylinders (3) im gegenseitigen axialen Abstand (11) zueinander vorgesehen sind, daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte (9a, 10a) einen kreiszylindrischen Querschnitt aufweisen, und daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte (9a, 10a) lösbar durch zwei Teile (7, 8) des Kolbens (2), von denen wenigstens eines einen zentralen Durchbruch der Gleitabschnitte (9a, 10a) durchsetzt, auf dem Kolben (2) axial fixiert sind.
2. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitabschnitte (9a, 10a) an demselben hohlzylindrischen Teil vorgesehen sind.
3. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 1, da-

durch gekennzeichnet, daß die Gleitabschnitte (9a, 10a) die Umfangsfläche von wenigstens zwei verschiedenen Ringen (9, 10) umfaßt.

4. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den Gleitabschnitten durch ein hohlzylindrisches Abstandshaltestück (11) vorgegeben ist.

5. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandshaltestück (11) einen Kolbenbolzen (22) im Inneren des Kolbens (2) fixiert.

6. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandshaltestück (11) und die Teile (7, 8) des Kolbens (2) aus demselben Material bestehen.

7. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei Gleitabschnitte (9a, 10a) lösbar durch eines der zwei Teile (7, 8) auf dem Kolben (2) radial fixiert sind.

8. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile (7, 8) des Kolbens (2) gegenseitig axial form- und/oder kraftschlüssig verspannbar sind.

9. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Teile (7, 8) des Kolbens (2) durch Verschraubung verspannbar sind.

10. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitabschnitte (9a, 10a) durch die radiale Umfangsfläche wenigstens eines Hohlzylinders (9, 10) definiert sind, der durch Sintern in seiner endgültigen Gestalt erstellt ist.

11. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsfläche durch Schleifen oberflächenbearbeitet ist.

12. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsfläche durch axiale Verlagerung in dem Zylinder (3) oberflächenbearbeitet ist.

13. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitabschnitte (9a, 10a) aus einem Graphit mit einer Biegebruchfestigkeit von über 120 N/mm<sup>2</sup> bestehen.

14. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Teile (7, 8) des Kolbens (2) aus der Gruppe umfassend Titan, austenitischer Stahl, Invarstahl, Aluminium, SiC und Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> sowie Verbindungen hieraus ausgewählt ist.

15. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitabschnitte (9a, 10a) des Kolbens (2) mehrteilig sind und daß diese Teile gemeinsam wenigstens einen Ring bilden.

16. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Paarung Gleitabschnitt (9a, 10a) - Führungsfläche (6) aus der Gruppe umfassend polykristalliner Diamant, amorpher Kohlenwasserstoff, tetragonal koordinierter Kohlenstoff und metallhaltiger Kohlenwasserstoff ausgewählt ist, und daß das andere Material der Paarung aus mesophasigem Graphit oder Ultranfeinkorn Graphit ausgebildet ist.

17. Kolben-Zylinder-Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitabschnitte (9a, 10a) aus mesophasigem Graphit bestehen.

18. Kolben-Zylinder-Anordnung nach einem der An-



sprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenführungsfläche (6) des Zylinders (3) aus einem Material aus der Gruppe umfassend SiC, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kubischem BC, BN, WC, TiC, diamantbeschichtetem, hochwarmfestem Stahl sowie Verbindungen hieraus ausgewählt ist. 5

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

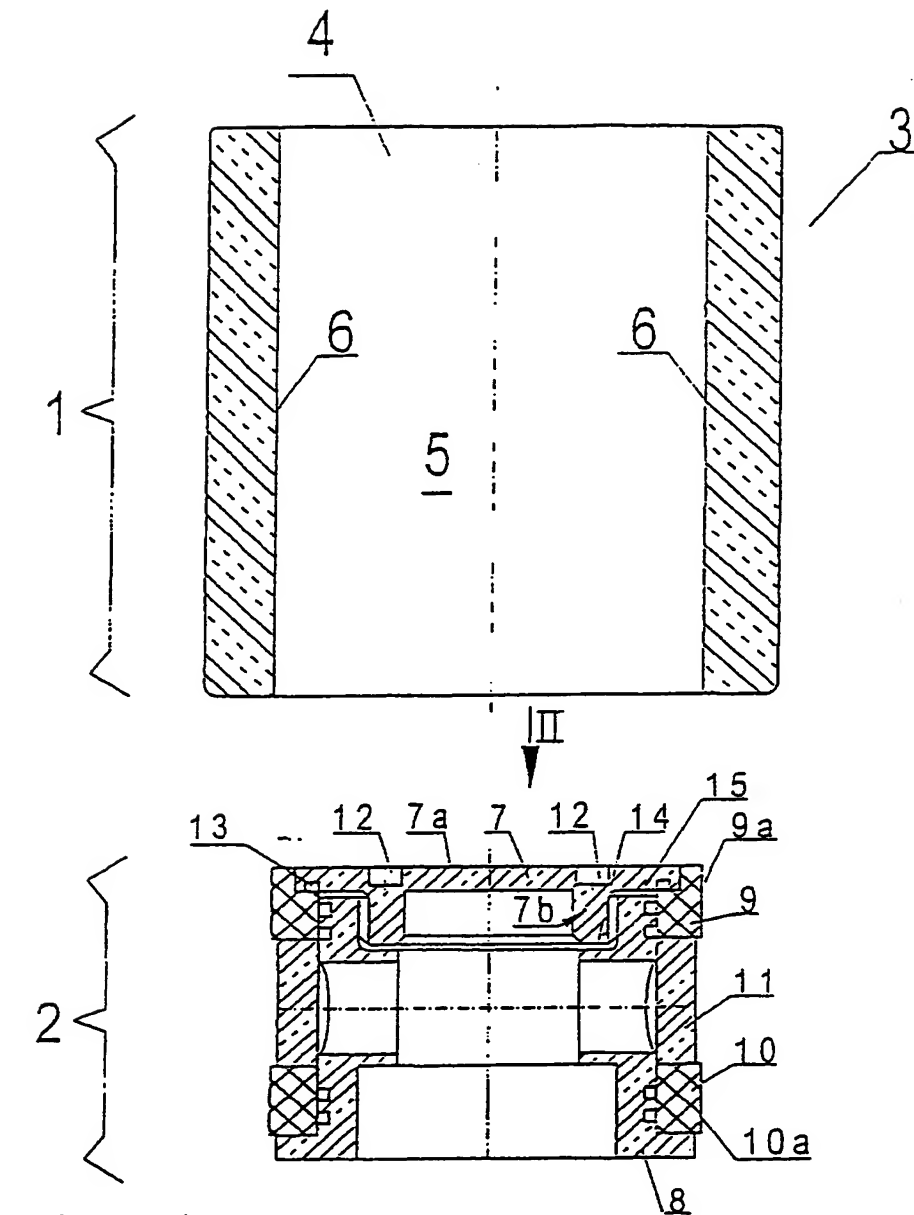


Fig. 1

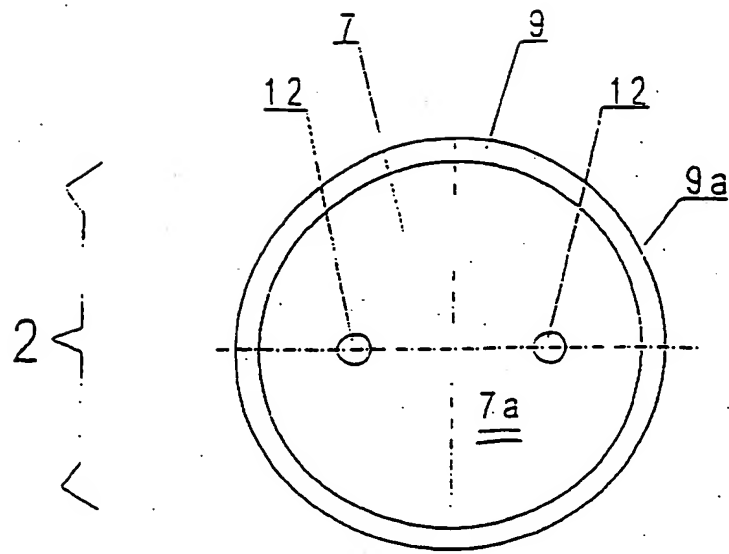


Fig. 2

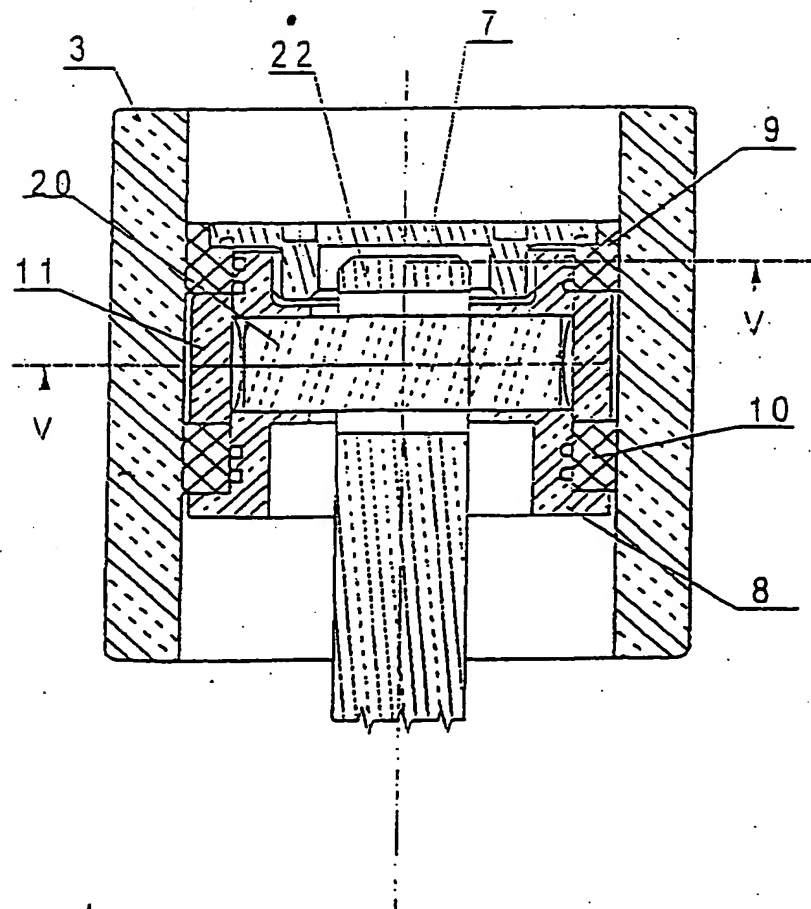


Fig. 4

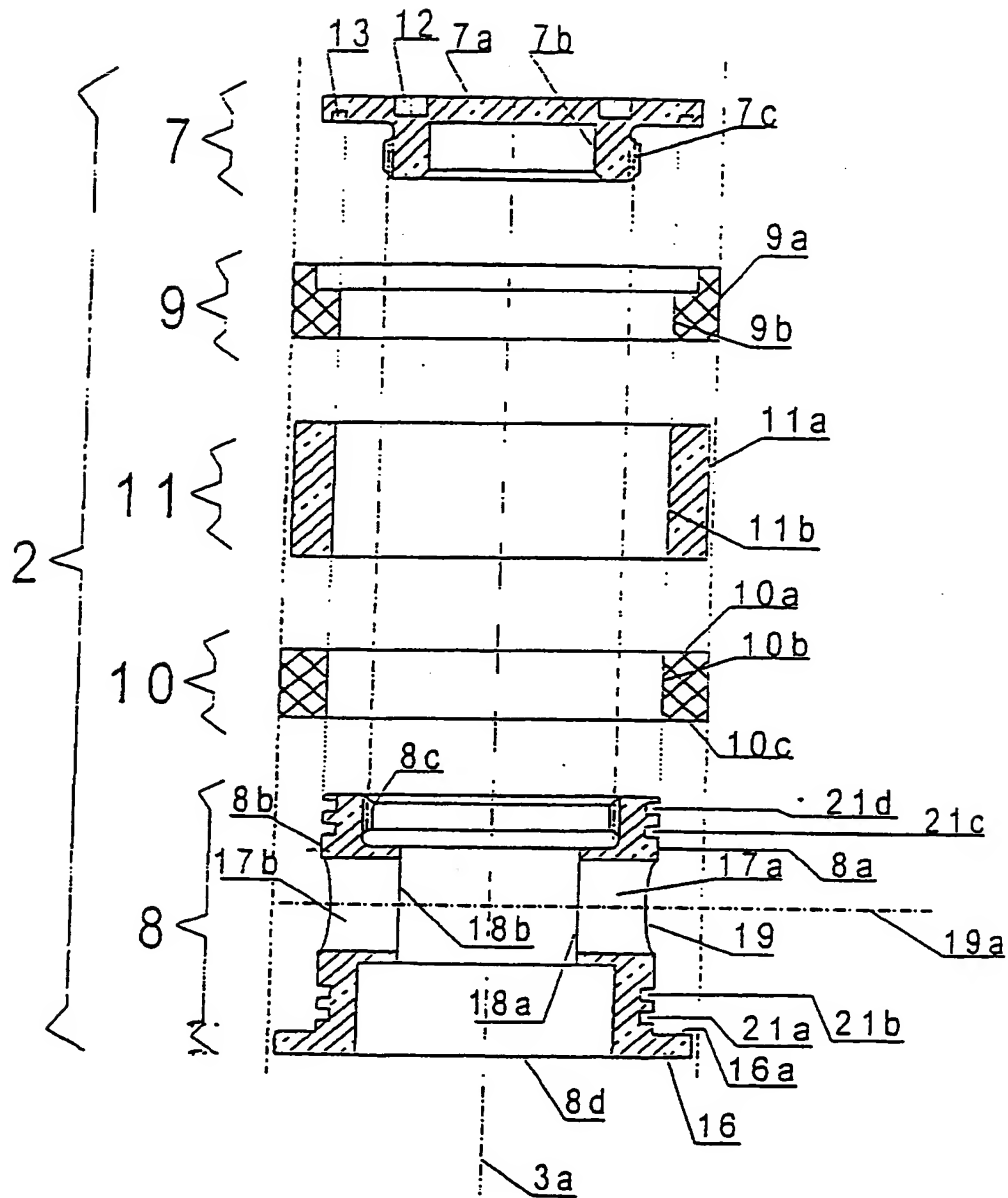


Fig. 3

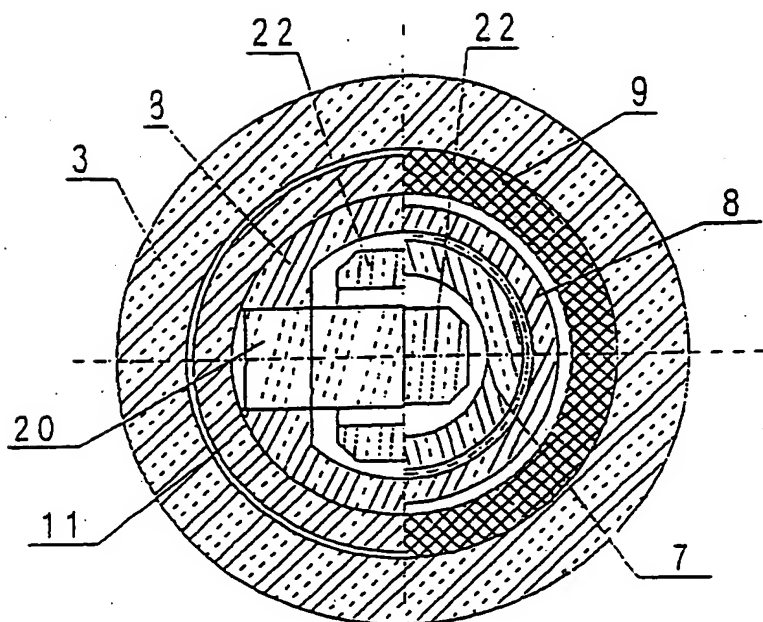


Fig. 5



THIS PAGE BLANK (USPTO)